



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 53 541 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
A 61 F 2/06
A 61 M 29/00
A 61 F 2/04

⑲ Aktenzeichen: 101 53 541.4
⑳ Anmeldetag: 30. 10. 2001
㉔ Offenlegungstag: 22. 5. 2003

DE 101 53 541 A 1

⑦① Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦④ Vertreter:
PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 80336
München

⑦② Erfinder:
Bingel, Ulrich, Dipl.-Ing., 73457 Essingen, DE;
Stallkamp, Jan, 70569 Stuttgart, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 40 18 360 C1
DE 198 56 983 A1
DE 197 46 164 A1
DE 197 31 021 A1
DE 195 39 449 A1
DE 195 33 589 A1
DE 91 16 936 U1
DE 690 28 771 T2
DE 689 03 175 T2
WO 98 19 628 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Blutgefäßadapter und Verfahren zu ihrer Herstellung

⑤⑦ Die Erfindung betrifft Blutgefäßadapter wie beispiels-
weise Stents oder Anastomosenadapter mit einem Rohr-
stück mit einer Durchgangsöffnung zwischen zwei
axialen Endöffnungen, wobei das Rohrstück in radialer
Richtung zur Verkleinerung seines Durchmessers kom-
pressibel und/oder zusammenfaltbar und anschließend in
eine vorbestimmte Form bringbar ist, sowie Verfahren zur
Herstellung von Adaptern.

DE 101 53 541 A 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Blutgefäßadapter wie Anastomoseadapter oder Stents (Aufspannvorrichtungen) sowie Verfahren zu ihrer Herstellung. Mit derartigen Adaptern werden bei chirurgischen Eingriffen, z. B. bei Side-by-Side-Anastomosen in der Bypasschirurgie, Verbindungen von Gefäßen hergestellt oder Durchgänge durch Gefäße offengehalten.

[0002] Stents werden beispielsweise eingesetzt, um beispielsweise nach einer operativen Dilatation eines verengten Blutgefäßes den aufgeweiteten Bereich des Gefäßes offenzuhalten und ein Kollabieren der gedehnten Gefäßwände zu verhindern.

[0003] In der Bypass-Gefäßchirurgie ist in der Regel ein Unterbinden des Blutstroms erforderlich. Zu diesem Zweck müssen Gefäße abgebunden oder in der Herzchirurgie das Herz stillgelegt werden. Beide Vorgehensweisen sind zeitkritisch, da die Schädigungsgefahr jeweils mit der Dauer der Blutstromunterbrechung anwächst. Außerdem kann durch die Stilllegung der Gefäße die Dichtigkeit der Naht bei etablierten Verfahren nicht nachgewiesen werden. Zusätzlich erschweren der geringe Durchmesser von Herzkranzgefäßen von ca. 2 mm und das biegeschlafe Material die Herstellung der Verbindung.

[0004] Daher erfordert das Vernähen von Gefäßen mit einem Durchmesser bis 2 mm großes Geschick und langjährige praktische Erfahrung. Außerdem ist dieser Vorgang so langwierig, daß die Gefahr einer Traumatisierung durch die Narkose ansteigt. Bei Bypassoperationen besteht zusätzlich die akute Gefahr der Verletzung und des Vernähens der Herzwand.

[0005] Die Bypasschirurgie läßt sich in folgende OP-Schritte aufteilen:

1. Thorakotomie, Sternotomie
2. Graftgewinnung (Vene (Graft) vorbereiten)
3. Anastomosennaht legen (Inzision einbringen, Arterie vorbereiten, Verbinden)
4. Thoraxverschluß.

[0006] Bei diesen Schritten ist insbesondere zu beachten, daß zum Schneiden das Gefäß gespannt werden kann und eine Gefahr des Durchschneidens der Gefäßhinterwand besteht. Auch die Vene kann sich dehnen, wobei die Endothelschicht im Inneren des Gefäßes nicht verletzt werden darf. Zuletzt müssen noch Bewegungsfaktoren (Herzzyklus, Atmung, Patientenbewegung) bei der Operation berücksichtigt werden.

[0007] Um die Anastomosentechnik zu unterstützen, sind aus der Literatur verschiedene Verfahren bekannt (Werker, P.; Kon, M.; "Review of facilitated approaches to vascular anastomosis surgery"; The Society of Thoracic Surgeons, 1997). Es sind hier sowohl mechanische Vorrichtungen als auch physikalische Verfahren bekannt, um eine Anastomose zu legen. Bei den mechanischen Vorrichtungen sind Hefter und Klammergeräte sowie Kupplungssysteme bekannt, wobei insbesondere die Hefter und Klammergeräte im Gebrauch sehr kompliziert sind. Bei den physikalischen Verfahren kommen insbesondere Klebstoffe oder Laserschweißen in Betracht.

[0008] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Stents und Blutgefäß-anastomosendapter sowie Verfahren zu ihrer Herstellung zur Verfügung zu stellen, mit denen auf einfache und sichere Weise ein Blutgefäß offengehalten bzw. eine Anastomose gelegt werden kann.

[0009] Diese Aufgabe wird durch den Adapter nach An-

spruch 1 sowie das Verfahren nach Anspruch 15 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildung des Adapters und des Verfahrens finden sich in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen.

[0010] Für die erfindungsgemäßen Anastomosendapter heißt das Ziel, den Verbindungsvorgang auf wenige Handgriffe zu reduzieren, ohne das Zusammenwachsen der Gewebegrenzen zu behindern oder eine geringere Festigkeit aufzuweisen. Mit dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren stehen ggf. selbstabbauende Komponenten zur Verfügung, die in das Gefäß bei ausreichender Stabilität eingelegt werden können, ohne den Gefäßdurchmesser entscheidend zu verringern und eine ausreichende Oberflächenqualität aufweisen. Das erfindungsgemäße Prinzip sieht u. a. vor, den Adapterring mit einem Greifwerkzeug in einem zusammengerollten Zustand durch einen Einschnitt in die Arterie einzulegen und durch die Eigenspannung nach dem Entfernen der Zange den Durchmesser durch Entspannung des Adapterrings zu erhöhen. Dadurch verklemmt sich der Adapterring im Inneren des Gefäßes rutschfrei. Dornen auf der Oberseite des Adapterrings geben einen zusätzlichen Halt gegen das Verrutschen im Gefäß.

[0011] Bei frontal zu verbindenden Gefäßen können Adapter auf jeder Seite zusammengeschoben werden, so daß die Endothelschichten zum Verwachsen gegeneinandergepreßt wird. Bei Side-to-Side-Anastomosen befindet sich auf der geschlossenen Seite des Adapterrings ein Stutzen für das Überstülpen der Vene. Die Vene wird so weit über den Adapterring gestülpt, daß sie – ebenfalls durch Dornen befestigt – beim Ausdehnen des Adapterrings die Gefäßwände/Endothelschichten der Arterie und Vene aufeinanderpreßt. Insbesondere kann die Vene so weit über den Stutzen gestülpt werden, daß sie im Ansatzbereich des Stutzens an das Hauptrohrstück aufgeweitet bzw. aufgespreizt wird. Die Arterie wird dann über diesen aufgespreizten Bereich der Vene gezogen. Beim Aufweiten des Rohrstücks wird dann die Innenseite der Arterie gegen die Außenseite der Vene gedrückt. Dies bewirkt sowohl ein rasches Zusammenwachsen von Arterie und Vene als auch eine Abdichtung der Anastomose. Die Legung der Anastomose erfolgt also möglicherweise mit den folgenden Schritten:

1. Die Arterie wird durch einen Längsschnitt eröffnet und der Adapterring in zusammengerollten Zustand eingeführt.
2. Die Vene wird über den Stutzen geschoben, so daß sie am Ansatz des Stutzens unter der Arterie liegt. Die Vene wird ev. noch durch einen Faden gesichert.
3. Der Adapterring dehnt sich durch die eigene Elastizität aus und verspannt sich dadurch mit der Innenwand der Arterie.
4. Die Vene wird an die Innenwand der Arterie gepreßt und dadurch gehalten. Zusätzlichen Halt bieten auf dem Adapterring angebrachte Dornen.
5. Der Adapterring löst sich im Falle eines biodegradierbaren, beispielsweise biohydrierbaren Adaptermaterials nach dem Zusammenwachsen der Gefäße im Blutstrom selbstauflösend auf oder verursacht keine Störungen des Blutflusses.
6. Die Behandlung ist beendet.

[0012] Alternativ kann aus einem degradierbaren Material ein Stent oder ein Rohrstück als Arterienadapter in die Arterie eingeführt werden, an dessen Enden sich jeweils eine um einen Ballon zusammengefaltete Hülse befindet. Der Adapter besitzt gegebenenfalls als Venenanschluß einen Stutzen mit verzahnter Außen- und glatter Innenoberfläche. Die Luftsäcke an den Rohrstückenden werden aufgeblasen, so daß sich der Adapter ausdehnt und mit der Arterienwand

verklemmt. Dadurch erfolgt eine Fixierung und eine Abdichtung. Das Gegenstück zum Arterien- ist ein Venenadapter, der zur Befestigung am Arterienadapter ebenfalls eine Verzahnung besitzt. Diese Verzahnung verhindert außen, ev. unterstützt durch einen Faden, das Verrutschen der Vene auf dem Venenadapter. Auf der Innenseite rastet die Verzahnung des Arterien- und Venenadapters ein, wobei die Verzahnung die Aufgabe einer Labyrinthdichtung übernimmt. Nach dem Zusammenfügen von Arterien- und Venenadapter werden die Endothelschichten des Arterienrands und des Venenrands zum besseren Zusammenwachsen mit leichtem Druck aufeinandergepreßt. Das Implantat löst sich erst auf, wenn die Gefäße verwachsen sind. Solange werden die Arterie und die Vene in Form gehalten. Hier erfolgt nun das Legen der Anastomose mit den folgenden Schritten:

1. Eröffnung des Gefäßes;
2. Einfügen des Arterienadapters mit evakuiertem Luftsack;
3. Aufblasen der Luftsäcke, durch die Ausdehnung wird der Arterienadapter an der Arterienwand fixiert;
4. Entfernen der entspannten Ballons durch den Stutzen;
5. Befestigung der Vene am Venenadapter;
6. Zusammenrasten von Arterien und Venenadapter.

[0013] Vorteilhafterweise ist die Innenseite des Arterienadapters und/oder des Stutzens (Venenadapter) so glatt, daß keine Behinderung des Blutstroms auftritt. Die Außenseite kann entsprechend der Anforderung mit einer Rastung verzahnt sein.

[0014] Die Vene kann vor der Verbindung von Arterien- und Venenadapter über den Venenadapter gezogen werden, wobei die negative Seite der Verzahnung zur Fixierung der Vene dient, wobei zusätzlich auch ein Faden verwendet werden kann. Die Verzahnung übernimmt beim Zusammenschieben von Arterien- und Venenadapter die Aufgabe einer Labyrinthdichtung.

[0015] Eine Quetschkante stülpt auf der Seite des Venenadapters die übergestülpte Vene und der Arterienadapter den Arterienrand nach außen, so daß beim Aufeinanderschieben die Endothelschichten zusammengepreßt werden. Diese Pressung führt zu einem raschen Zusammenwachsen der Gefäße, bevor sich das Implantat, beispielsweise aus Magnesiumschaum, auflöst.

[0016] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird der Adapter hergestellt, indem eine Urform mit Metall beschichtet und die Urform und die Beschichtung anschließend voneinander getrennt werden. Vorteilhafterweise werden mittels Galvanoformung die beispielsweise für ein Stecksystem in der Gefäßchirurgie oder einem Stent erforderlichen Adapter hergestellt. Bei der Galvanoformung wird manuell oder mit Hilfe lithographischer Verfahren eine Urform hergestellt, die die notwendigen geometrischen Parameter (Länge, Durchmesser usw.) für den späteren Adapter enthält bzw. abbildet. Diese Urform wird mit einem Metall, Metalllegierung oder Metallschaum, vorteilhafterweise mit Magnesium bzw. Magnesiumlegierung, über PVD, CVD oder galvanische Verfahren beschichtet. Nach der Beschichtung wird die Magnesiumschicht von der Urform getrennt, so daß eine selbsttragende Magnesiumstruktur entsteht. Die Schichtdicke des Adapters ist dabei vorteilhafterweise so ausgelegt, daß zum Zeitpunkt der Auflösung des Implantats das organische Gewebe der zu verbindenden Gefäße zusammengewachsen ist, vorteilhafterweise zwischen 10 und 500 µm. Nach dem Zusammenwachsen des Gewebes löst sich dann die Magnesium-Struktur vollständig und biologisch verträglich auf.

[0017] Im Symposium "Metallschäume", 06.-07.03.1997, Bremen, MIT-Verlag, S. 3-13, stellt J. Baumeister die nach dem Stand der Technik üblichen Verfahren zur Herstellung von Metallschäumen vor. Dies sind insbesondere die Herstellung aus einer Metallschmelze, das Aufschäumen einer partikelverstärkten MMC-Schmelze durch Einblasen von Gas, der eutektische Zerfall einer mit Wasserstoff angereicherten Schmelze bzw. die Herstellung durch Sintern eines mit einem Treibmittel versetzten und kompaktierten Metallpulvers.

[0018] Die DE 40 18 360 C1 zeigt ein Verfahren zum Herstellen von Metallschäumen, bei dem eine Mischung aus einem zu schäumenden Metallpulver und einem gasabspaltenden Treibmittelpulver heiß kompaktiert wird und anschließend zum Aufschäumen auf eine Temperatur oberhalb der Zersetzungstemperatur des Treibmittels, vorzugsweise im Temperaturbereich des Schmelzpunktes des zu verwendenden Metalles, temperiert wird. Hierdurch wird ein Aufschäumen des Metalles bewirkt, so daß nach anschließendem Abkühlen ein aufgeschäumter Metallkörper erhalten wird.

[0019] Wesentlich bei dem Aufschäumen von Metall mittels eines Treibmittels durch Temperierung ist, daß für eine optimale Schaumbildung, d. h. eine homogene Verteilung und gleichmäßige Gestalt der Hohlräume/Blasen die Temperatursteuerung, insbesondere Aufheizphase, Haltephase und Abkühlphase, dem Metallsystem angepaßt wird. Weiterhin ist darauf zu achten, daß das Treibmittel möglichst homogen in dem kompaktierten Metallpulver vorliegt und ein Treibmittel gewählt wird, das bei einer zum Schmelzpunkt der Metallschicht passenden Temperatur ein Gas freisetzt. Dies bedeutet, daß das Zersetzungstemperaturintervall für die Gasfreisetzung sich mit dem Schmelztemperaturintervall des Metallpulvers überschneiden sollte. Dies ist beispielsweise für die Kombination aus Aluminium als aufzuschäumendes Metall und Titanhydrid als Treibmittel mit einer Schäumtemperatur von ca. 700°C der Fall.

[0020] Nachteilig an diesem pulvermetallurgischen Herstellungsverfahren für Metallschäume ist, daß die Form des Metallschaums nur schwer beeinflußt werden kann. Insbesondere ist eine Strukturierung des Metallschaums nur sehr schwer herzustellen.

[0021] Eine besonders vorteilhafte Möglichkeit für die Herstellung von aus Magnesiumschaum bestehenden Gegenständen ist in der DE 101 23 585.2 beschrieben, die hiermit vollständig in die vorliegenden Unterlagen als Offenbarung aufgenommen werden soll. Danach wird vorteilhafterweise das aufzuschäumende Metall nicht pulvermetallurgisch auf eine Unterlage aufgebracht, sondern galvanisch auf einem Substrat abgeschieden. Durch die erfindungsgemäße Mitabscheidung von Treibmittel in die so erzeugte galvanische Metallmatrix ist es nunmehr möglich, die Ausgangsmatrix für einen Metallschaum herzustellen. Hierzu können im Prinzip nunmehr sämtliche galvanisch abscheidbaren Metalle oder Legierungen (protisch oder aprotisch bzw. Salzschnmelzen) verwendet werden. Bei den Treibmitteln liegen keine Einschränkungen vor. Sofern ein Treibmittel sich mit einem bestimmten Elektrolyt nicht verträglich, kann das Treibmittel auch in gekapselter Form in dem Elektrolyt suspendiert werden.

[0022] Beispielsweise reagieren Hydride mit Wasser und können daher nicht ungeschützt in wässrigen Elektrolyten eingesetzt werden. Die Hydridpartikel müssen mit einem wasserundurchlässigen Film (z. B. Sol-Gel-Schicht) oder Polymerfilm geschützt werden.

[0023] Das so durchgeführte erfindungsgemäße Verfahren führt zu einer extrem homogenen Verteilung des Treibmittels in dem Metall und folglich zu sehr homogenen, gleich-

mäßig porigen Metallschäumen, wenn diese anschließend zum Aufschäumen wärmebehandelt werden.

[0024] Es ist insbesondere möglich, beispielsweise durch herkömmliche Galvanoformungs-Verfahren bzw. Leiterplattentechnik nunmehr schäumbare Mikrostrukturen abzuscheiden. Die selektive Abscheidung von Metallschaumstrukturen und -schichten ermöglicht es, beliebige Formen zu realisieren.

[0025] Mittels Galvanoformung können also nunmehr vorteilhafterweise auch dünnwandige selbsttragende Strukturen für Anastomosenadapter mit Metallschäumen hergestellt werden.

[0026] Im folgenden werden einige Beispiele erfindungsgemäßer Anastomosenadapter gegeben werden.

[0027] Es zeigen:

[0028] Fig. 1 das Legen eines erfindungsgemäßen Anastomosenadapters;

[0029] Fig. 2 einen weiteren erfindungsgemäßen Anastomosenadapter.

[0030] Im folgenden werden bei sämtlichen Figuren für gleiche oder ähnliche Elemente gleiche oder ähnliche Bezugszeichen verwendet.

[0031] Fig. 1 zeigt in ihrem Teilbild 1A eine Arterie 10, in die ein erfindungsgemäßer Adapter 1 eingesetzt ist. Der Adapter 1 weist ein Rohrstück 2 auf, das an seinen beiden Enden 3 und 4 offen ist und so eine Durchgangsöffnung in axialer Richtung des Rohrstückes 2 bildet. Der Adapter weist weiterhin einen seitlichen Stutzen 5 auf, der ebenfalls eine Öffnung 6 aufweist, wobei die Öffnung 3, 4 und 6 miteinander kommunizieren.

[0032] Der Stutzen 5 besitzt weiterhin auf seiner Außenseite eine Zahnung 7.

[0033] Wie zu erkennen ist, ist das Rohrstück 2 an seinen beiden Enden 3 und 4 so zusammengedrückt, daß es einen Außendurchmesser aufweist, der geringer ist als der Innendurchmesser der Arterie 10. Der Stutzen erstreckt sich weiterhin durch eine hier nicht besonders gekennzeichnete Inzisionsöffnung in der Wand der Arterie 10 nach außen.

[0034] Weiterhin ist in das Rohrstück 2 des Adapters 1 ein Luftsack 9 mit einem daran angeschlossenen Schlauch 8 eingebracht.

[0035] Wie in Fig. 1B zu erkennen ist, ist der Luftsack 9 nunmehr über den Schlauch 8 aufgeblasen, so daß auch die Öffnungen 3 und 4 auf ihren vollen Durchmesser erweitert sind und das Rohrstück 2 auf seinem vollen Umfang und über seine gesamte Länge an der Wandung der Arterie 10 anliegt.

[0036] In Fig. 1C ist gezeigt, wie nunmehr der Luftsack nach Ablassen der Luft aus ihm aus dem Adapter 1 entfernt wurde, wobei der Adapter 1 dabei seine Form behält.

[0037] In Fig. 1D ist gezeigt, wie ein Einsatzstück oder Venenadapter 12, der an einem seiner Enden eine der Zahnung 7 entsprechende Zahnung 13 aufweist, über den Stutzen 5 gezogen wird, und sich dabei die Verzahnungen 7 und 13 miteinander verrasten und der Venenadapter 12 auf dem Stutzen 5 fixieren. Vor dem Aufstecken dieses Einsatzstückes 12 wurde es mit dem Endbereich einer als Transplantat verwendeten Vene 11 überzogen, so daß nunmehr das Transplantat 11 an die Arterie 10 angekoppelt ist. Durch die Ausdehnung des Adapters 1 wurde zuvor die Arterie 10 mit ihrer Wandung im Bereich des Stutzens 5 an die Zahnung 7 gedrückt. Nach Aufbringen des Venenadapters 12 sind nun in diesem Bereich Vene 12 und Arterie 10 miteinander verklemt. Die Verzahnung und die Adapter sind in diesem Bereich derart geformt, daß die jeweiligen Endothelschichten, d. h. die Innenseiten der Gefäße, aneinander gedrückt werden und so ein Verwachsen der Endothelschicht der Vene mit der Endothelschicht der Arterie erfolgt. Zwischen dem

Rohrstück 2 und dem Stutzen 5 kommt es dabei zu einer Verquetschung des Arterienendes mit dem Venenende, so daß ein noch engerer Kontakt dieser beiden Gefäße hergestellt ist und diese rasch miteinander verwachsen können.

[0038] Fig. 2 zeigt in ihren Teilbildern 2A und 2C einen Schnitt durch einen erfindungsgemäßen Adapter und in den Fig. 2B und 2D eine Seitenansicht eines derartigen erfindungsgemäßen Adapters. In Fig. 2 besteht der Adapter aus einem Rohrstück 2, das einen Schlitz 14 längs seiner axialen Richtung aufweist. Dadurch ist das Rohrstück 2 zusammen-drückbar und kann in eine Arterie 10 eingeführt werden. Sobald das Rohrstück 2 jedoch nicht mehr unter Druck gehalten wird, wirken die Selbstaufrichtungs- bzw. Federkräfte der Wandung des Rohrstückes 2 und pressen die beiden Teile des Rohrstückes an dem Schlitz 14 auseinander. Auf diese Weise wird das Rohrstück 2 fest in der Arterie 10 verspannt und fixiert. Das Rohrstück 2 weist weiterhin ebenfalls wie in Fig. 1 einen seitlichen Stutzen 5 auf, auf den ein Venentransplantat aufgezogen bzw. ein Venenadapter aufgesteckt werden kann.

[0039] Fig. 2A und 2B zeigen nun den Querschnitt bzw. die Seitenansicht des erfindungsgemäßen Adapters mit komprimiertem Rohrstück 2. Die beiden Teile des Rohrstückes 2 überlappen sich hier im Bereich des Schlitzes 14.

[0040] Fig. 2 zeigt denselben Adapter in expandiertem Zustand, bei dem der Schlitz 14 sich geöffnet hat und die Wandung des Rohrstückes 2 eng an der Wandung der Arterie anliegt.

[0041] Besonders vorteilhaft ist es, sofern die Vene 11 mit ihrem Randbereich ebenfalls innerhalb der Arterie zu liegen kommt, so daß die Arterie 10, so wie in Fig. 2A und 2C gezeigt, die Randbereiche der Vene 11 überdecken. Dies führt zu einer Fixierung der Arterie mit der Vene, was zu einer Abdichtung der Gefäßübergänge und zu einem raschen Verwachsen der beiden Gefäße miteinander führt. Dies insbesondere dann, wenn die beiden Adapter so geformt sind, daß die miteinander zu verbindenden Gefäße miteinander verklemt werden.

Patentansprüche

1. Blutgefäßadapter wie beispielsweise Stents oder Anastomosenadapter mit einem Rohrstück mit einer Durchgangsöffnung zwischen zwei axialen Endöffnungen, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrstück in radialer Richtung zur Verkleinerung seines Durchmessers kompressibel und/oder zusammenfaltbar und anschließend in eine vorbestimmte Form bringbar ist.
2. Adapter nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß er nach der Kompression bzw. nach dem Zusammenfallen wiederaufrichtbar ist.
3. Adapter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrstück zumindest teilweise aus einem elastischen Material besteht, das in komprimiertem Zustand Selbstaufrichtungskräfte aufweist.
4. Adapter nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrstück zumindest an seinen axialen Enden in axialer Richtung geschlitzt ist.
5. Adapter nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrstück auf seiner vollen Länge in axialer Richtung geschlitzt ist.
6. Adapter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrstück aus flexiblem, plastischem oder elastischem Material besteht.
7. Adapter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Rohrstück

zwischen dessen beiden axialen Enden ein seitlicher mit der Wandung des Rohrstücks abdichtender Stutzen angeordnet ist, dessen Innenvolumen mit dem axialen Innenvolumen des Rohrstücks in Verbindung steht und der auf seiner dem Rohrstück abgewandten Seite eine Öffnung aufweist.

8. Adapter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Rohrstück und/oder dem Stutzen zumindest bereichsweise auf ihrer Außenseite Dornen, Zähne, Widerhaken oder eine andere Vorrichtung zur rutschfesten und abdichtenden Verbindung mit dem umgebenden Gefäß oder Organ angeordnet sind.

9. Adapter nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Rohrstück und/oder dem Stutzen an dem ihre Öffnungen jeweils umgebenden Umfangsrand umlaufend Dornen, Zähne und/oder Widerhaken, oder eine andere Vorrichtung zur rutschfesten und abdichtenden Verbindung mit dem umgebenden Gefäß oder Organ angeordnet sind.

10. Adapter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrstück zwischen seinen beiden axialen Öffnungen zweigeteilt ist, wobei die beiden Rohrstückteile voneinander trennbar und verbindbar sind.

11. Adapter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Stutzen beispielsweise als Venenadapter von dem Rohrstück trennbar und mit diesem verbindbar ist.

12. Adapter nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohrstückteile bzw. das Rohrstück und der Stutzen beispielsweise als Venenadapter in ihrem jeweiligen Verbindungsbereich jeweils eine zueinander komplementäre Zahnung aufweisen.

13. Adapter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wände des Rohrstücks und/oder des Stutzens zumindest bereichsweise eine Dicke zwischen 10 µm und 500 µm aufweisen.

14. Adapter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrstück und/oder der Stutzen zumindest teilweise aus biodegradierbarem Material bestehen.

15. Adapter nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohrstück und/oder der Stutzen zumindest teilweise aus Magnesium, einer Magnesiumlegierung und/oder einem Magnesiummetallschaum bestehen.

16. Verfahren zur Herstellung von Adaptern nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Urform hergestellt wird, diese Urform mit einem metallischen Material beschichtet und die Beschichtung als Adapter von der Urform gelöst wird.

17. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Urform mit einem metallischen biodegradierbaren Material beschichtet wird.

18. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Urform mit Magnesium, einer Magnesiumlegierung oder einem Magnesiummetallschaum beschichtet wird.

19. Verfahren nach einem der drei vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Urform mit Vakuum-Beschichtungsverfahren, wie beispielsweise PVD- oder CVD-Beschichtungsverfahren, oder galvanisch beschichtet wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19,

dadurch gekennzeichnet, daß die Urform mit einer ein Treibmittel enthaltenden Magnesiumschicht oder Magnesiumlegierung beschichtet und anschließend die Beschichtung erwärmt und aufgeschäumt wird.

21. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß in einem galvanischen Elektrolyt ein Treibmittel suspendiert wird und Magnesium oder eine Magnesiumlegierung mit diesem Elektrolyt galvanisch auf der Urform abgeschieden wird.

22. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß das Treibmittel dem Elektrolyt als reines Pulver oder in gekapselter Form zugesetzt wird.

23. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Treibmittelpartikel während der Abscheidung in dem Elektrolyt in Schwebe gehalten werden.

24. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Treibmittelpartikel durch Erzeugung einer Hydrodynamik in dem Elektrolyt in Schwebe gehalten werden.

25. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Hydrodynamik durch Luftblasung in den Elektrolyt, durch Elektrolytumwälzung und/oder Ultraschallbeaufschlagung des Elektrolyts erzeugt wird.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß dem Elektrolyt Netzmittel, Leitsalze und/oder organische Verbindungen wie Glanzbildner, Einebner oder dergleichen zugesetzt werden.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß das Treibmittel als Partikel mit einem Durchmesser zwischen 2 nm und 1 µm suspendiert wird.

28. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß das Treibmittel als Partikel mit einem Durchmesser zwischen 10 nm und 100 µm suspendiert wird.

29. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß das Treibmittel als Partikel mit einem Durchmesser zwischen 100 nm und 10 µm suspendiert wird.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß als Elektrolyt ein protisches System, ein aprotisches System oder eine Salzsäure verwendet wird.

31. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß als Elektrolyt Wasser, organische Lösungsmittel wie Tetrahydrofuran oder eine eutektische Salzsäure verwendet wird.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Urform mit der abgeschiedenen aufschäumbaren Metallschicht anschließend getempert wird.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß Fe oder Legierungen hiervon abgeschieden werden.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß Mg oder Legierungen hiervon abgeschieden werden.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß als Treibmittel Titanhydridpartikel suspendiert werden.

36. Verfahren nach Anspruch 34 oder 35, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat mit der abgeschiedenen aufschäumbaren Metallschicht anschließend bei ca. 700°C getempert wird.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß die Urform mit einer derartigen Schichtdicke beschichtet wird, so daß zum Zeitpunkt der Auflösung des Adapters das Gewebe der zu verbindenden Gefäße zusammengewachsen ist. 5

38. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß die Urform mit einer Schichtdicke zwischen 10 µm und 500 µm beschichtet wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

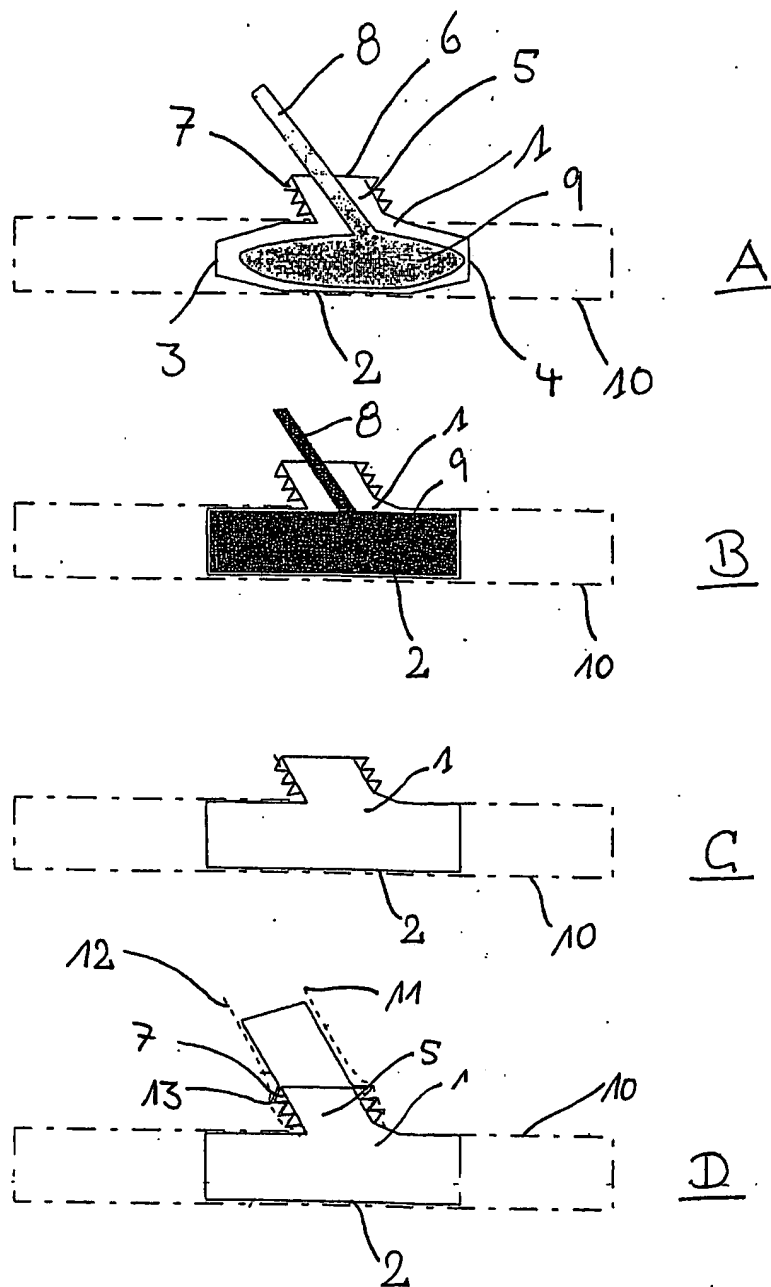
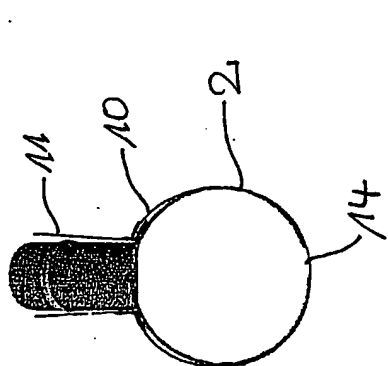
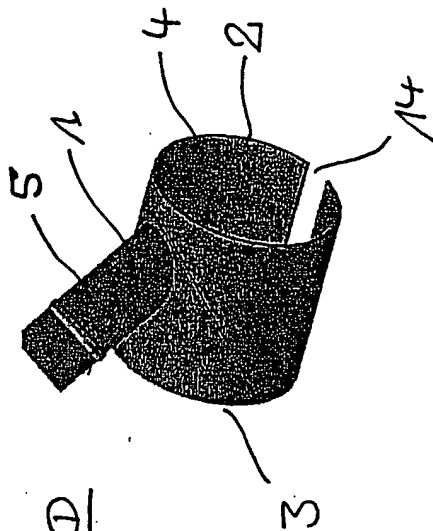


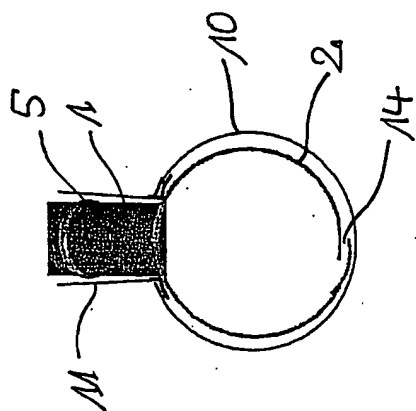
Fig. 1



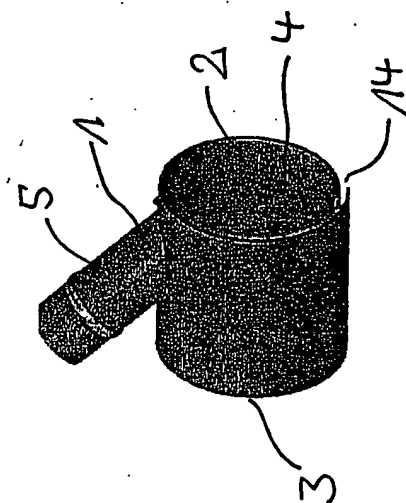
C



D



A



B

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.